

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 61-142811  
(43)Date of publication of application : 30.06.1986

(51)Int.Cl. H03H 9/25

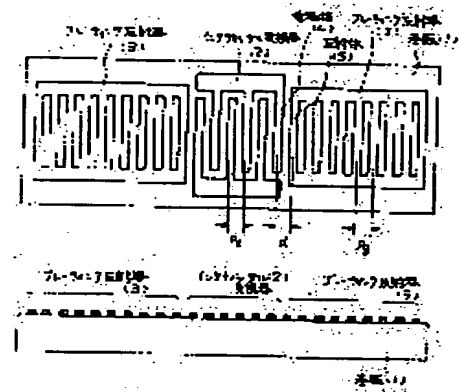
(21)Application number : 59-264426 (71)Applicant : TOSHIBA CORP  
(22)Date of filing : 17.12.1984 (72)Inventor : EHATA YASUO

## (54) SURFACE ACOUSTIC WAVE RESONATOR

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a miniature surface acoustic wave resonator having high Q by setting the cycles and spaces of a reflector and an electrode at about 1/2 length of a surface acoustic wave.

**CONSTITUTION:** Both an inter-digital converter and a grating reflector are made of an aluminum thin film. The reflecting matter of the grating reflector has a  $28.0\mu\text{m}$  cycle and about  $14\mu\text{m}$  line width. While the inter-digital converter has a  $27.66\mu\text{m}$  electrode cycle and about  $14\mu\text{m}$  line width. The space between the electrode finger of the converter and the reflecting matter of the reflector is set at  $28.0\mu\text{m}$ . Such an SAW resonator has 61.23MHz resonance frequency, 300 resonance frequency and 14,500 of Q respectively.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-142811

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>

H 03 H 9/25

識別記号

庁内整理番号

Z-7328-5J

④ 公開 昭和61年(1986)6月30日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑬ 発明の名称 弾性表面波共振子

⑭ 特 願 昭59-264426

⑮ 出 願 昭59(1984)12月17日

⑯ 発 明 者 江 畑 泰 男 川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究所内

⑰ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 川崎市幸区堀川町72番地

⑱ 代 理 人 弁 理 士 則 近 憲 佑 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

弾性表面波共振子

2. 特許請求の範囲

複数のグレーティング反射器と、その間に少なくとも1個のインターディジタル変換器と、その間に少なくとも1個のインターディジタル変換器とからなる弾性表面波共振子において、

最も外側にある1組のグレーティング反射器の間にある全てのグレーティング反射器の反射体及びインターディジタル変換器の電極は前記グレーティング反射器の反射体と同一構造でかつ、くり返し周期も±5%の精度以内で等しくおき、

前記反射体及び電極の1本当りの反射率を1%以上とすることを特徴とする弾性表面波共振子。

3. 発明の詳細な説明

(発明の技術分野)

この発明は弾性表面波を応用した共振子に関する。

(発明の技術的背景とその問題点)

弾性表面波を応用した共振子の構成は、クリントン・シルベスター・ハートマンらによって考案(USP. 3886504 特公昭56-46289)されている。その基本的構造は、第2図に示すように電気→弾性表面波の変換器であるインターディジタル形変換器(2)と、その両側に配置された格子構造の弾性表面波反射器(3)(以下グレーティング反射器と呼ぶ)とから成る。その動作原理はインターディジタル変換器で励振された両側に伝搬する弾性表面波が両側の対向するグレーティング反射器によって反射され、両反射器間で弾性表面波の共振が生ずる。この表面波エネルギーはインターディジタル変換器によって電気エネルギーに再変換される。このようにインターディジタル変換器、及びグレーティング反射器の配置を適当な位置に設計することによって、インターディジタル変換器端子からみた弾性表面波共振子は電氣的に共振尖鋭度Qの高い共振回路と等価な動作が可能である。一般に反射器の反射体(5)は、弾性表面波の半波長に等しいくり返し周期Pで配列された時、各々の反

射体からの弾性表面波の反射波は同位相となって相加される為、最も反射量が大きくなる。また、インタディジタル変換器の電極(4)についても一般にはソリッド構造電極が使われるので電極間隔は表面波の半波長に等しく設計される。一方インタディジタル電極と、グレーティング反射器の反射体との間隔  $d$  は、弾性表面波波長を  $\lambda$  とした時、 $d = (N/2 \pm 1/8) \cdot \lambda$  に設定する。ここで  $N$  は自然数で複号の正負は、反射体構造によって決まる反射係数の正負に対応していずれかに決まるものである。いずれにせよ  $d$  は  $\lambda/2$  とはならず、インタディジタル変換器電極とグレーティング反射器の反射体は等ピッチになっていない。

一般に反射体の構造には第3図(a)~(c)に断面図として示すものが良く知られている。第3図(a)はニオブ酸リチウム基板(6)の上に薄膜導体(7)で構成された反射体である。表面波反射発生のメカニズムは基板表面上を導体膜で被われている部分とない部分での音響インピーダンスの違いによる反射で反射体1本当たりの反射率は基板の電気-機械

$Q$  の上限値とされている。しかし実際の弾性表面波共振子では(2)(3)による損失が加わり、一般にマテリアル  $Q$  を大幅に下回る  $Q$  の共振子しか実現されてない。(2)の損失を減少させるには、グレーティング反射器の反射体の本数を増加させることで可能であるが、素子の大きさが大きくなってしまい、素子の大きさを小さく抑える為には反射体1本当たりの反射率を大きくすることで実現できるが、反射率の増加に伴い、ほぼ2乗で(3)のモード変換損失が大きくなってしまい、 $Q$  の低下につながってしまう。

$Q$  の高い弾性表面波共振子を得るには、反射率が高くかつモード変換損失の少ないグレーティング反射器が必要であった。このようなグレーティング反射器構造としてアール・シー・エム・リー(R. C. M. Li)らは Electronics Letters (1977 Sept. 15th Vol. 13, No. 19) の pp. 380-381 に、グレーティング反射器の終端部を、徐々に反射率が大きくなるようなテーパー状の深さを有するグループ構造を提案している。一般に弾性表

面波の半波長より短いピッチの周期の表面振動では、弾性表面波から放射バルク波へのモード変換は生じない。しかしながらこの周期が定常ではないグレーティング反射器終端部付近では放射バルク波の相殺が生じない為モード変換が生ずる。そこでモード変換が生ずるグレーティング反射器終端部ではグループを浅くし、反射率を抑え、放射バルク波の生じないグレーティング反射器内部ではグループを十分深くして反射率を上げたものである。この方法により  $Q$  が2倍になったとしている。しかしながら、テーパー状のグループを形成するには、製造プロセスが複雑になり量産性は極めて悪い。

優れた弾性表面波共振子として挙げられる評価項目はいくつかあるが、代表的なものとして  $Q$  の大きいものが、発振器あるいは共振子フィルタへの応用などに強く望まれている。弾性表面波共振子において  $Q$  は、対向するグレーティング反射器間を伝搬中に生ずる損失によって決定される。その損失には(1)基板自体の伝搬損失(2)グレーティング反射器外へ漏れ出る弾性表面波による損失(3)グレーティング反射器の終端部における弾性表面波→バルク波モードへのモード変換損失などが代表的なものと考えられる。(1)の損失は結晶固有のものであり、電極設計による  $Q$  の改善は望めず、これによって決まる  $Q$  をマテリアル  $Q$  と呼び

面波の半波長より短いピッチの周期の表面振動では、弾性表面波から放射バルク波へのモード変換は生じない。しかしながらこの周期が定常ではないグレーティング反射器終端部付近では放射バルク波の相殺が生じない為モード変換が生ずる。そこでモード変換が生ずるグレーティング反射器終端部ではグループを浅くし、反射率を抑え、放射バルク波の生じないグレーティング反射器内部ではグループを十分深くして反射率を上げたものである。この方法により  $Q$  が2倍になったとしている。しかしながら、テーパー状のグループを形成するには、製造プロセスが複雑になり量産性は極めて悪い。

#### 〔発明の目的〕

この発明は上述の欠点を改良したもので、従来一般に行なわれている弾性表面波共振子の製造プロセスと何ら変わることなく、反射体本数が少なくすなわち小形で  $Q$  の高い弾性表面波共振子を得ることを目的とする。

#### 〔発明の概要〕

この発明は、グレーティング反射器の反射体及びインタディジタル変換器の電極を同一材料、同一構造で形成し、反射体及び電極の周期は全て弾性表面波波長のほぼ  $1/2$  となるように配列し、反射体と電極の間隔も弾性表面波波長の  $1/2$  とした弾性表面波共振子を提供するものである。

#### 〔発明の効果〕

本発明によれば従来から行なわれてきた弾性表面波共振子の製造プロセスを何ら変更することなく、グレーティング反射器の反射体一本当たりの反射率を大きくしても、放射パルス波へのモード変換損による  $Q$  の劣化が生じない弾性表面波共振子が実現できる。このことは従来高  $Q$  の弾性表面波共振子はグレーティング反射器の反射体本数が多い構造すなわち素子サイズの大きいものでだけ実現されたが、小形でかつ高  $Q$  の弾性表面波共振子が可能となる。

更に自由表面の境界条件ではエネルギーの一部がパルス波として放射されるリーキー表面波を利用した弾性表面波共振子では表面の電極及び反射

の電極指とグレーティング反射器の反射体との間隔は  $28.0 \mu\text{m}$  ( $d=28.0 \mu\text{m}$ ) としている。インタディジタル変換器の電極本数は 60 本、両グレーティング反射器内の反射体本数は 150 本としている。また電極交差幅は  $0.7 \mu\text{m}$  である。

以上の設計値で試作した SAW 共振子は、共振周波数  $612.3 \text{ MHz}$ 、共振抵抗  $30 \Omega$ 、 $Q=14500$  が得られた。比較の為に試作した従来形 SAW 共振子すなわち、インタディジタル変換器の電極周期及びグレーティング反射器の反射体周期は  $28.0 \mu\text{m}$ 、かつ両線幅を約  $14 \mu\text{m}$  とし、インタディジタル変換器の電極とグレーティング反射器の反射体との間隔を  $10.5 \mu\text{m}$  とし、他は全て前述と同じとしたものに比べ、 $Q$  は 3 倍向上している。 $Q$  の向上の要因を第 4 図を用いて説明する。従来例の電極及び反射体の配置では、インタディジタル変換器とグレーティング反射器との間隔がその両側のインタディジタル変換器内部及びグレーティング反射器内部での電極及び反射体周期 ( $1/2$  波長) と大幅にずれており、第 4 図(a)に示すように SAW

体による振動効果によりエネルギーが表面にトラップされた状態で伝搬する為、本発明によれば  $Q$  の大幅な向上が実現できる。

#### 〔発明の実施例〕

本発明の実施例を第 1 図を参照にして詳細に説明する。圧電基板(1)として、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  単結晶の  $\langle 110 \rangle$  面を選んだ。この面上を弾性表面波(以下 SAW という)が  $Z$  軸方向に伝搬するように、インタディジタル変換器(2)及びグレーティング反射器(3)を第 1 図に示すように配置した。インタディジタル変換器及びグレーティング反射器はいずれも、アルミニウム薄膜(膜厚  $6000 \text{ \AA}$ )で形成している。形成法は  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  基板はアルミニウムのエッチング液に対しエッチングされる為、リフトオフ法により形成している。この為、電極、反射体の端部は急峻な形状をしている。グレーティング反射器の反射体は  $28.0 \mu\text{m}$  周期 ( $p_g=28.0 \mu\text{m}$ ) で線幅約  $14 \mu\text{m}$  とし、インタディジタル変換器の電極周期は  $27.66 \mu\text{m}$  ( $p_t=27.66 \mu\text{m}$ ) で線幅約  $14 \mu\text{m}$  としている。またインタディジタル変換器

変位に対する相対位置が変わっている為、この部分での放射パルス波へのモード変換が避けられない。一方第 4 図(b)に示す本発明の構成では、従来放射パルス波のモード変換が生ずるインタディジタル変換器とグレーティング反射器との境界部も、同一周期となっている為、非放射のパルス波として存在することになり放射パルス波としてのエネルギー損失は発生せず、再び弾性表面波に変換され反射されることになる。

すなわち本発明によれば、従来生じていたインタディジタル変換器とグレーティング反射器の境界部での放射パルス波へのモード変換による損失が大幅に減少する為、 $Q$  の向上につながっているものと考えられる。なお、インタディジタル変換器の電極周期はグレーティング反射器の反射体と完全に同一では良好な共振を生じない場合がある。この場合、インタディジタル変換器の電極周期をせいぜい 5 % 以下の範囲で変化させることにより特性の向上がはかれる。この変化量は、インタディジタル変換器の電極 1 本当たりの SAW 反射率及び

電極本数等によって決まる。本実施例ではインタデジタル変換器の電極周期はグレーティング反射器反射体周期の0.988倍とした。

前述のように、電極及び反射体の1本当りの反射率が増加するに従いその約2乗でバルク波へのモード変換損は上昇する為、本発明の効果は電極及び反射体の反射率が大きくなるに従い顕著になる。

次に本発明の効果を、電極及び反射体1本当りの反射率を変えた場合について実験結果を示す。第5図は、本実施例として用いた $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 基板の<110>面をZ軸方向に伝搬するSAWのアルミニウム膜による電極及び反射体の1本当りの反射率をアルミニウム膜厚に対して求めた結果である。この結果からアルミニウム膜厚によって反射率が自由に変えられることがわかる。次にアルミニウム膜厚を $500\text{\AA}$ から $8000\text{\AA}$ まで変えて、本発明による電極配置のものと従来配置のもののSAW共振子を試作しそのQの変化を実測した。第6図に横軸に電極及び反射体の反射率、縦軸に各々の電極

5000となる。

一方本発明による実験では反射体の反射率の増加に対し前述のようにバルク波モード変換損の増加が少ないので、Qは向上し反射率3%以上ではグレーティング反射器外へ漏れ出すSAWは完全に無視できる為Qは一定値となる。前述のように $6000\text{\AA}$ のアルミニウム膜厚、すなわち反射率3.5%ではQは第6図に示すように3倍の改善がある。また第6図からわかるように反射率が1%を超える範囲で本発明の効果がある。

一方グレーティング反射器の反射体本数を十分多くした時、反射率が小さい時でもグレーティング反射器外へ漏れ出すSAWの損失は無視できるのQの低下は防げる。反射率とバルクモード変換損を使って、グレーティング反射器の反射体本数を無限大としてシミュレーション計算して求めた結果が第7図に示したものである。実線は本発明破線は従来パターンのものである。この結果でも反射率1%以上において本発明の効果が顕著となることがわかる。これは一般に反射体の反射率が

配置の場合のQを示す。この図からわかるように破線で示す従来の電極配置のものでは反射率が2~3%を超えると、バルクモードへのモード変換損失が急激したことによると思われるQの低下が観測される。一方、本発明による電極配置のものでは、反射率が2%を超えても、前述のようにバルク変換損の増加が少ない為、Qの劣化はほとんど見られない。

同様の実験を $\text{LiTaO}_3$ 、水晶を基板とした場合もQの絶対値は基板の固有損に応じて異なるが傾向は第6図と同様の結果が得られた。

第6図実線、破線いずれも反射率が小さい時Qが小さい値をとるがこれは、反射体本数が150本と少ない為でグレーティング反射器外へSAWが漏れ出ることによるQの低下である。

反射率の増加にともないQは増加するが破線に示す従来パターンでは、反射率2.5%で $Q \approx 8000$ の最大値をとり、それ以上では、前述のバルク波モード変換損によりQは低下し、前述の $6000\text{\AA}$ のアルミニウム膜厚の時、反射率は3.5%で $Q \approx$

1%を超える付近でバルク波モードへの変換損が基板固有の伝搬損を超えるからである。

(発明の他の実施例)

(1)実施例ではインタデジタル変換器及びグレーティング反射器の電極、反射体の構造がアルミニウム薄膜から構成されていたが、これに限定されることなくAlにCuやSiなどの不純物を微量ドープした組成のもの、AuやTiとAu、CrとAuなどの二層構造のものなど導電体材料からできたものであれば本発明の効果は適用される。また第8図に示すように金属膜の上に誘電体膜を形成したもの、第9図に示すように金属膜をマスクとして基板にグループを掘ったもの、第10図のように金属膜の上に誘電体膜を設け表面にグループを形成したものなどにも本発明を適用することにより、効果が考えられる。

(2)他の実施例として、基板が $\text{LiNbO}_3$ など $R^2$ の大きい基板では、反射体の金属膜を薄くしても反射率は $R^2/\pi$ となり $R^2 > 0.03$ のものでは反射率が1%を超える為バルクモード変換を小さくする

ことは不可能であった。この為、 $\text{LiNbO}_3$  では従来グループでは  $Q > 3$  万の共振子が実現されていたが金属反射体では、どの報告でも  $Q > 8000$  のものは報告されていない。本発明に述べたような電極、反射体配置にすることにより、グループ構造 SAW 共振子に匹敵する SAW 共振子が極めてシンプルなプロセスで実現できる。

(3) 更に他の実施例として、 $\text{LiTaO}_3$  36°Y カット X 伝搬や水晶 35°Y カット Z' 伝搬などの擬似表面波では一般にわずかな基板内部にバルク波を放射しながら表面を伝搬する為見かけ上極めて伝搬損失が大きい。しかしながらこれら表面波は表面に金属や誘電体の薄膜を形成することによりエネルギーを表面に集中させ、バルク波を非放射とできる。この為、十分な膜厚のアルミニウムなどの金属膜でインタディジタル変換器、グレーティング・反射器を構成した SAW 共振子では、インタディジタル変換器内及びグレーティング反射器内では伝搬損失が小さい。しかしながら、これらの隣接部では従来のパターン配置では、モード分布が

すること、複数のインタディジタル変換器が隣接している場合はその電極間隔も  $\pm 5\%$  以内の精度で SAW の  $1/2$  波長とし、インタディジタル変換器がある間隔を保って設けられている場合は、その間に外側に設けられたものと同構造で、所定の反射体本数からなるグレーティング反射器を設け、前記インタディジタル変換器の電極と反射体との間隔  $d'$  も  $\pm 5\%$  の精度で SAW の  $1/2$  波長とする。このようにすることにより SAW が定在波として存在しているすべての部分で放射バルク波へのモード変換損失を低減でき  $Q$  の大幅な向上が実現できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の SAW 共振子の上面図と断面図、第 2 図は、従来の SAW 共振子の上面図、第 3 図はグレーティング反射器の代表的構造の断面図、第 4 図は放射バルク波発生の説明図、第 5 図は  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  基板上アルミニウム膜による反射体の膜厚と反射率の関係図、第 6 図は従来例と本発明による  $Q$  の向上の実験結果を示す図、第 7 図は同シ

大きく異なる為、バルク波の放射モードが存在することとなり  $Q$  の高い共振子は望めなかった。

本発明のパターンによればインタディジタル変換器、グレーティング反射器ともにモード分布が一樣となる為、エネルギーは完全に表面に集中した状態で共振を生じることとなり、SAW 共振子の高  $Q$  化がはかれる。

(4) 他の実施例として、いわゆる 2 ポート形 SAW 共振子への適用がある。SAW 共振子には実施例で説明したいわゆる 1 ポート形共振子の変形例として対向する 1 組のグレーティング反射器の間に複数のインタディジタル変換器が設けられたものが知られている。

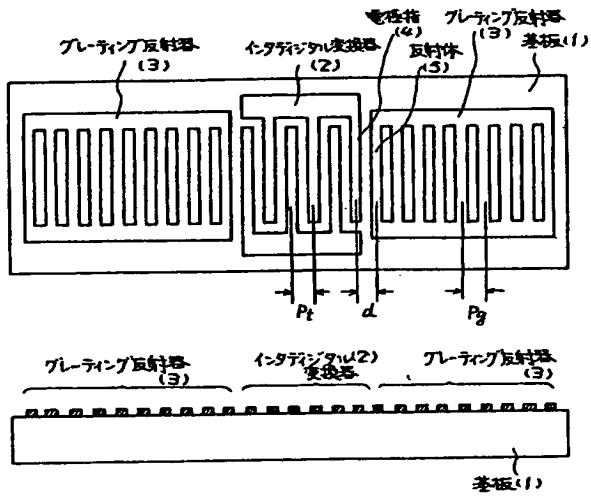
本発明の主旨は SAW の定在波が存在する部分は全て  $\pm 5\%$  以内の精度で SAW の  $1/2$  波長の周期で同構造の電極、反射体を設けることであるから、この主旨を 2 ポート形 SAW 共振子に適用すると、第 11 図のようになる。すなわちグレーティング反射器 (3)、インタディジタル変換器 (2) の隣接間隔  $d$  は全て  $\pm 5\%$  以内の精度で SAW の  $1/2$  波長と

ミュレーション結果の図、第 8 図、第 9 図および第 10 図はそれぞれ電極、反射体の構造の変形例の断面図、第 11 図は 2 ポート形 SAW 共振子への本発明の応用例である。

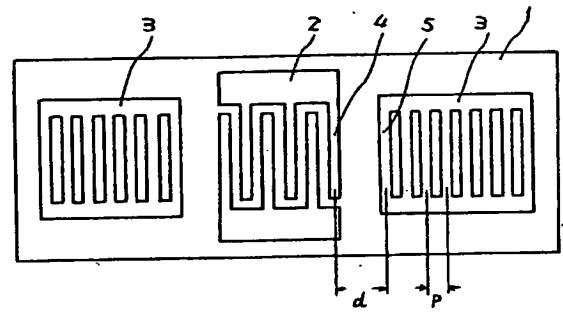
- 1 … 基板、2 … インタディジタル変換器、  
3 … グレーティング反射器、4 … 電極指、  
5 … 反射体

代理人 弁理士 則 近 憲 佑  
(ほか 1 名)

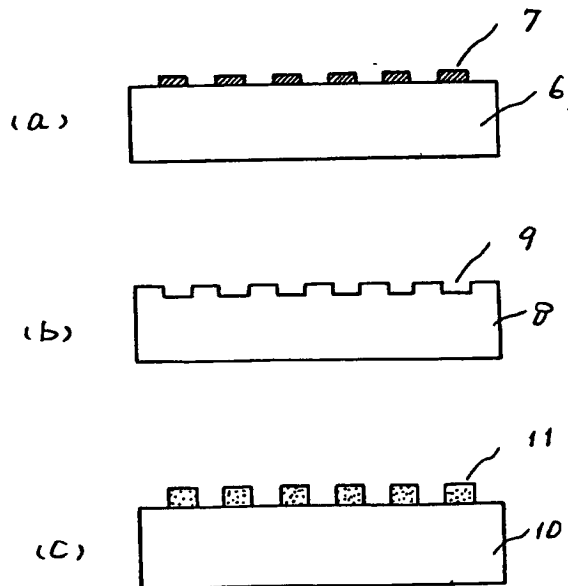
第 1 図



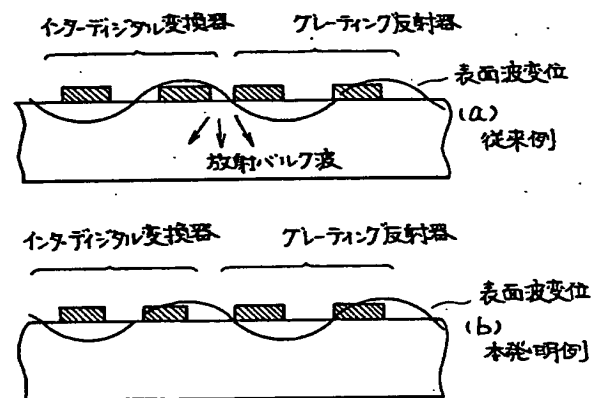
第 2 図



第 3 図

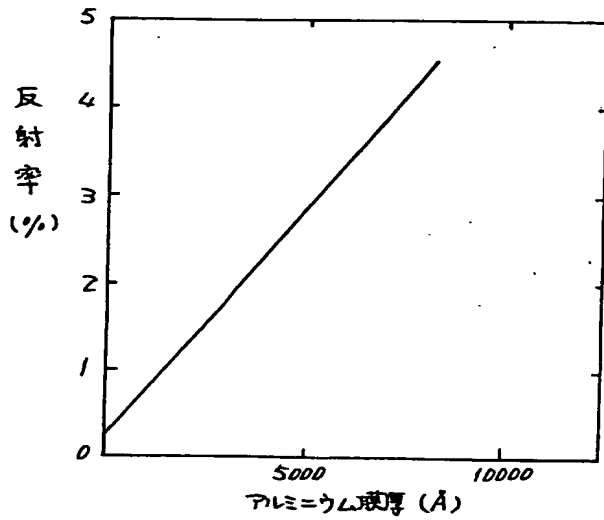


第 4 図

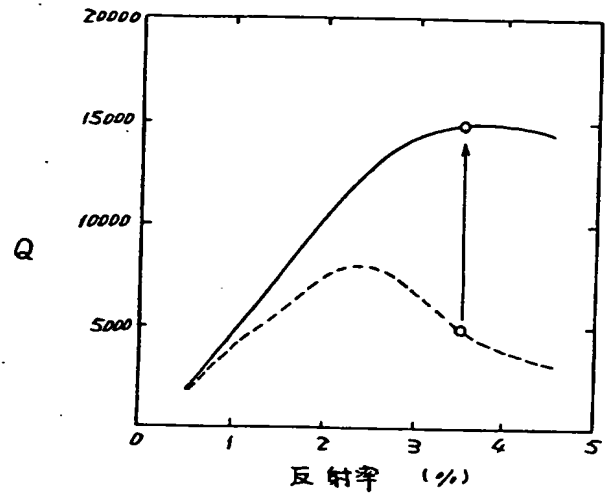




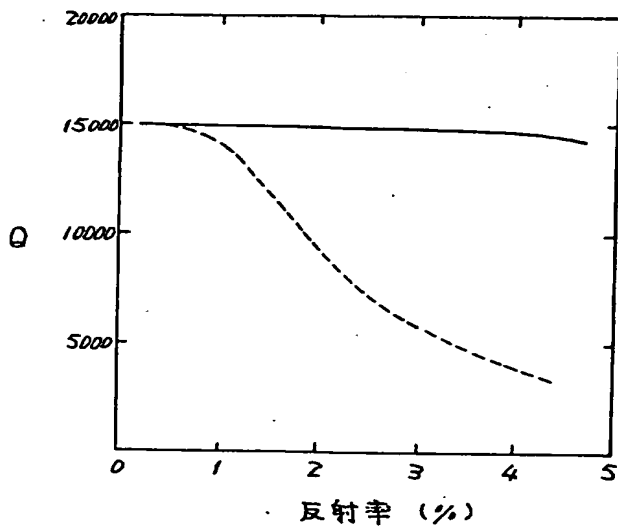
第 5 図



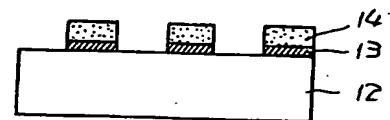
第 6 図



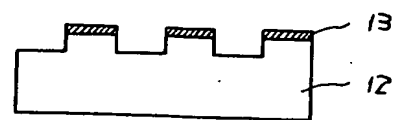
第 7 図



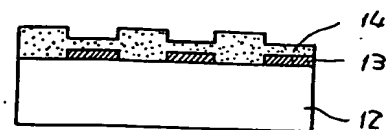
第 8 図



第 9 図



第 10 図



第 11 図

